

УДК 622.451.001.24

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВЕНТИЛЯТОРІВ ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ ПРИ РОБОТІ НА ШАХТНУ ВЕНТИЛЯЦІЙНУ МЕРЕЖУ

СОЛОМЕНЦЕВ К. А.^{1*}, *к.т.н.*,
ШИШОВ М. В.^{2*}, *магістр*

^{1*} Науково-дослідний інститут гірничої механіки ім. М.М. Федорова, Київська філія, вул. Дегтярівська, 48, м. Київ, Україна, тел. +38 (067) 623-38-58, e-mail: ka.solo2103@ukr.net.

^{2*} Департамент з технічного розвитку Дирекції з видобутку вугілля ДПЕК ЕНЕРГО, вул. Льва Толстого, 57, м. Київ, Україна, 01032.

Мета. Обґрунтування комплексного підходу до вирішення питання підвищення енергоефективності вентиляторів головного провітрювання при роботі на шахтну вентиляційну мережу. **Методи.** Аналіз існуючого стану провітрювання шахтних вентиляторів (ШВМ) вибраного для обґрунтування запропонованого комплексного підходу до створення енергоефективної технології об'єкту – Донецької паливно-енергетичної компанії (ДПЕК) і існуючих методів організації енергоефективної роботи вентиляторів головного провітрювання (ВГП). **Результати.** Охарактеризовано три шляхи вирішення проблеми підвищення енергоефективності застосування ВГП для провітрювання ШВМ: спільне проектування підсистем ВГП і ШВМ з максимальним урахуванням чинників, які впливають на відхилення характеристик проектованої і реальної систем «ВГП - ШВМ»; адаптацію підсистем ВГП і ШВМ до умов комплексування у реальних умовах; заміну ВГП за неможливості виконання умов безпеки і технологічних чинників існуючими ВГП у зонах їх промислового використання; використання додаткових мір (підвищення к.к.д. регулюемого електроприводу за умови можливості регулювання аеродинамічних параметрів ВГП, герметизацію надшахтних споруд); аналіз і оптимізацію зон взаємовпливу ВГП з метою зменшення шкідливих втрат напору на подолання опору спільно працюючих ВГП у зоні їх взаємовпливу. Зроблено висновок про можливість вирішення задачі з отриманням кінцевого результату без порушення вимог безпеки лише послідовним виконанням перерахованих мір. **Наукова новизна.** Комплексний підхід до вирішення задачі підвищення енергоефективності ВГП при роботі на ШВМ з урахуванням технологічних чинників і засобів і аналітичного методу аналізу ступеню взаємного впливу ВГП і зниження його шкідливих наслідків запропоновано вперше. **Практична значимість.** Отримані результати дозволять підвищити енергоефективність ВГП, адекватність математичної моделі системи «ВГП - ШВМ» її реальному аналогу, що дозволить використати топологічні і параметричні особливості реальної системи «ВГП - ШВМ» для зниження взаємовпливу ВГП, і використати технічні можливості ВГП для вдосконалення провітрювання ШВМ.

Ключові слова: енергоефективність; вентилятори головного провітрювання; шахтна вентиляційна мережа; комплексування; вимоги безпеки

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА ШАХТНУЮ ВЕНТИЛЯЦИОННУЮ СЕТЬ

СОЛОМЕНЦЕВ К. А.^{1*}, *к.т.н.*,
ШИШОВ М. В.^{2*}, *магистр*

^{1*} Научно-исследовательский институт горной механики им. М.М. Федорова, Киевский филиал, ул. Дегтяревская, 48, г. Киев, Украина, тел. +38 (067) 623-38-58, e-mail: ka.solo2103@ukr.net

^{2*} Департамент по техническому развитию Дирекции по добыче угля ДТЭК ЭНЕРГО, ул. Льва Толстого, 57, г. Киев, Украина, 01032

Цель. Обоснование комплексного подхода к решению вопроса повышения энергоэффективности вентиляторов главного проветривания при работе на шахтную вентиляционную сеть. **Методы.** Анализ существующего состояния проветривания шахтных вентиляционных сетей (ШВС) выбранного для обоснования предложенного комплексного подхода к созданию энергоэффективной технологии объекта – Донецкой топливно-энергетической компании (ДТЭК) и существующих методов организации энергоэффективной работы вентиляторов главного проветривания (ВГП). **Результаты.** Охарактеризованы три пути решения проблемы повышения энергоэффективности применения ВГП для проветривания ШВС: совместное проектирование подсистем ВГП и ШВС с максимальным учетом факторов, влияющих на отклонение характеристик проектируемой и реальной систем «ВГП - ШВС»; адаптацию подсистем ВГП и ШВС к условиям комплексования в реальных условиях; замену ВГП при невозможности выполнения условий безопасности и технологических факторов существующими ВГП в зонах их промышленного использования; использование дополнительных мер (повышение к.к.д. регулируемого электропривода при условии возможности регулирования аэродинамических параметров ВГП, герметизацию надшахтных зданий); анализ и оптимизацию зон взаимовлияния ВГП с целью уменьшения непроизводительных потерь депрессии на преодоление сопротивления совместно

работающих ВГП в зоне их взаимовлияния. Сделан вывод о возможности решения задачи с получением конечного результата без нарушения требований безопасности лишь последовательным выполнением перечисленных мер. **Научная новизна.** Комплексный подход к решению задачи повышения энергоэффективности ВГП при работе на ШВС с учетом технологических факторов и средств и аналитического метода анализа степени взаимного влияния ВГП и снижения его вредных последствий предложен впервые. **Практическая значимость.** Полученные результаты позволят повысить энергоэффективность ВГП, адекватность математической модели системы «ВГП - ШВС» ее реальному аналогу, что позволит использовать топологические и параметрические особенности реальной системы «ВГП - ШВС» для снижения взаимовлияния ВГП, и использовать технические возможности ВГП для совершенствования проветривания ШВС.

Ключевые слова: энергоэффективность; вентиляторы главного проветривания; шахтная вентиляционная сеть; комплексирование; требования безопасности

INCREASE OF ENERGY-EFFECTIVENESS OF MAIN FANS DURING WORK ON MINE VENTILATION NETWORK

SOLOMENTSEV K. A.^{1*}, Ph.D. (Tech.),
SHYSHOV M. V.², M.S. (Tech.),

^{1*} М.М. Fedorov Institute of Mining Mechanics, Kiev Branch, Degtyaryovskaya str., 48, Kiev, Ukraine, phone +38 (067) 623-38-58, e-mail: ka.solo2103@ukr.net

² Technical development Department Coal production directorate DTEK Energy, Lva Tolstogo str., 57, Kiev, Ukraine, 01032

Purpose. Ground of complex approach to the decision of question of increase of energy-effectiveness of main fans during work on a mine ventilation network. **Methods.** Analysis of the existent state of ventilation of mine ventilation networks (MVN) offered for the ground of complex approach chosen to creation of energy-effectiveness technology of object – Donetsk Fuel and Energy Company (DFEC) and existent methods of organization of energy-effectiveness work of main fans (VF). **Results.** Three ways of decision problem of increase of energy-effectiveness of the MF application for the MVN ventilation are described: joint planning of the MF and MVN subsystems with the maximal account of factors influencing on rejection of descriptions of the designed and real systems «MF - MVN»; adaptation of the MF and MVN subsystems to the terms of complexing in the real terms; the MF replacement at impossibility implementation of terms of safety and technological factors of existent MF in the areas of their industrial use; use of additional measures (increase k.u.m. of managed electricity drive on condition of possibility adjusting of the aerodynamic parameters of MF, pressurization of over-mine buildings); analysis and optimization areas of MF interinfluence with the purpose of diminishment of non-productive losses of depression on overcoming resistance of jointly working MF in the area of their interinfluence. A conclusion about possibility decision of task with the receipt of eventual result without violation requirements of safety by only successive implementation of the transferred measures is done. **Scientific novelty.** It is offered complex approach to the decision task of increase of MF energy-effectiveness during work on MVN taking into account technological factors and facilities and analytical method of analysis of degree of the mutual influencing of MF and decline of its harmful consequences first. **Practical meaningfulness.** The got results will allow to promote MF energy-effectiveness, adequacy of mathematical model of the system «MF - MVN» to its real analogue, that will allow to use the topology and parametrical features of the real system «MF - MVN» for the decline of MF mutual influencing, and use the economic feasibilities of MF for perfection of the MVN ventilation.

Keywords: energy-effectiveness; main fans; mine ventilation network; complexing; requirements of safety

Стан проблеми

Вентилятори головного провітрювання (ВГП) вугільних шахт – потужні турбомашини, призначені для подачі до шахти призначеного для провітрювання виробок-споживачів свіжого повітря, що є основним чинником забезпечення безпеки праці гірників. В той же час багато діючих системи провітрювання є вельми недосконалими. Фактичний строк служби половини ВГП перевищує нормативний (15 – 20 років). Загострюється проблема реконструкції ВГП, яку посилює той факт, що більш ніж на 1/3 гірничих підприємств вичерпано резерви продуктивності ВГП і вентиляція стримує розвиток гірничих робіт.

Незважаючи на те, що ВГП, які випускаються нашою промисловістю, мають високі технічні показники (номінальний коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) машин досягає 0,88), експлуатаційний к.к.д.

діючих ВГП знаходиться у межах 0,38÷0,62, до того ж з низьким к.к.д. працюють як застарілі машини, так і ВГП останніх зразків. Цьому сприяє спрощений підхід до вибору параметрів вентиляційного обладнання на стадіях проектування вентиляції, недостатня глибина регулювання і низькі адаптивні якості ВГП, які створюються, невідповідність аеродинамічних характеристик ВГП характеристикам шахтних вентиляційних мереж (ШВМ) на різних етапах розвитку гірничих робіт. Система ВГП шахти є вельми енергоємним елементом загального технологічного процесу шахти; на її долю припадає до 50% загальних витрат електроенергії у шахті. Тому питання ефективної організації провітрювання, що сприятиме більш економічному використанню ВГП, є актуальним науково-практичним завданням.

Типовим технологічним об'єктом, на прикладі якого можна розглянути недоліки і розробити рекомендації щодо вдосконалення провітрювання в

плані енергоефективності, є шахти ДПЕК, характеристику ВГП яких наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Основна інформація про вентилятори головного провітрювання шахт ДПЕК /
Basic information about the main fans of the DFЕК mines

Шахта	Вентиляційна установка	Депресія ВГП, мм вод. ст.	Продуктивність ВГП, м ³ /хв	Надходить до шахти, м ³ /хв	Зовнішні притоки, м ³ /хв	Строк експлуатації, років
Павлоградська	ВОД-30М2	290	14245	12510	1735	2
Тернівська	Howden L5N	235	8808	10590	2322	2
	ВОД-21М	220	4518		414	8
Героїв Космосу	ВРЦД-4,5см	400	22668	19374	3294	3
Благодатна	ВОД-30м	180	10800	9000	1800	10
Степова	ВОД-30м2	330	6200	21000	900	4
	ВЦД-47,5у	395	16800		1100	12
Ювильейна	ВОД-30м2	360	9310	14480	1800	9
	ВЦ-25	340	4010		800	22
	ВО-21-14д	390	4360		600	2
ім. М.І. Сташкова	ВЦД-47у	235	13388	15855	2000	30
	ВЦД-31,5м	445	5044		527	12
Дніпровська	ВРЦД-4,5	370	12400	14420	2560	39
	ВЦД-31,5м	430	5420		840	5
Західно-Донбаська	ВРЦД-4,5	545	22779	29433	4400	34
	ВЦД-47у	455	13437		2383	16
Самарська	ВЦД-31,5с	418	13628	15372	2100	29
	ВО-16-10	338	4440		596	3
Добропільська	ВОКД-2,4	210	2544	16684	600	40
	ВЦД-31,5	370	8761		1100	33
	ВЦД-31,5м2	580	7635		660	8
Алмазна	ВОД-21	160	2820	7500	1070	26
	ВЦД-31,5м2	510	7750		2000	6
Білицька	ВРЦД-4,5	120	6480	4790	1690	43
Новодонецька	ВОКД-2,4	240	3885	12665	650	49
	ВОКД-2,4	165	3060		550	49
	ВЦД-31,5	480	6450		900	34
	ВОД-18	70	1700		330	22
Піонер	ВОД-18	342	3960	8050	1130	28
	ВЦД-32	585	7020		1800	45
Білозерська	ВЦ-32	60	2500	11110	700	42
	ВЦ-31,5	400	7500		2590	41
	ВЦ-31,5м	510	5500		1100	37

Товариство з обмеженою відповідальністю «Донецька паливно-енергетична компанія» (ДПЕК) – найбільший в Україні приватний виробник вугілля. До складу ДПЕК (на момент виникнення нинішньої ситуації на сході України) входило 30 шахт, з яких 17 газових, у тому числі небезпечних за раптовими викидами – 1, надкатегорійних – 9, Ш категорії -7. За нинішнім станом ДПЕК складається з ПрАТ «Павлоградвугілля» (10 шахт) і ПрАТ «Добропільля-вугілля» (6 шахт).

Шахтам ДПЕК притаманні всі негативні чинники, які впливають на організацію ефективного провітрювання.

Шахти провітрюються сімома типами ВГП (ВОД, Howden, ВРЦД, ВЦД, ВЦ, ВО, ВОКД), з урахуванням різних модифікацій кількість типів досягає 21. Таке різноманіття типів ВГП прояснюється скоріш не розгалуженістю і

протяжністю шахтних вентиляційних мереж (ШВМ) і глибиною відпрацювання родовищ (максимальна глибина очисних і підготовчих робіт шахт ПрАТ ДТЕК «Павлоградвугілля» складає 500 м), а необхідністю подачі різної кількості повітря у високопродуктивні очисні вибої і старінням парку ВГП.

На ряді шахт обох ПрАТ ДТЭК ВГП працюють 40 і більше років (ВОКД-2,4 на стовбурі № 1 шахти «Добропільська» з продуктивністю лише 2544 м³/хв; ВРЦД-4,5 на вент. стовбурі № 1 шахти «Білицька» ВОКД-2,4 на шурфах № 1 і № 2 шахти «Новодонецька», строк служби по 49 років, продуктивність відповідно 3885 і 3060 м³/хв; ВЦ-32 на шахті «Піонер»; ВЦ-32 на скип. стовбурі № 3 шахти «Білозерська», строк служби 42 роки, продуктивність 2500 м³/хв, и ВЦ-31,5 на шурфі № 3 тієї ж шахти). Природно, внаслідок розгерметизації

надшахтних споруд і каналів ВГП мають місце значні зовнішні притоки повітря (на шахті «Добропільська» - 600 м³/хв, або 23,5 % від продуктивності ВГП; на шахті «Білицька» - 26 %; на шахті «Новодонецька» - 17 %; на шахті «Піонер» - 26 %; на шахті «Білозерська» - 34,5 %). Це свідчить не тільки про неможливість забезпечувати потрібну кількість повітря у об'єктах-споживачах, але й про неекономічність і підвищення енергоємності провітрювання. За це свідчать міри, що вже приймаються щодо вдосконалення провітрювання: на шахті «Гернівська» вентилятор ВВД-21 на вент. стовбурі № 1 зупинено, що, природно, спричиниться до необхідності реорганізації системи провітрювання; виведено з експлуатації застарілий (строк експлуатації 43 роки) ВГП ВЦЗ-32 на стовбурі № 19 шахти «Алмазна»; виведено з експлуатації два з трьох ВГП шахти «Білицька»; однак на шахті «Піонер» не введено до експлуатації достатньо новий і продуктивний ВГП ВЦД-31,5м (строк експлуатації 10 років). Строк служби замінені ВГП на ряді шахт (таких 7) складає до 5 років.

Таким чином, в умовах необхідності подальшого збільшення кількості вугілля, яке підлягає видобутку, а також необхідності створення енергозберігаючих технологій цього процесу, треба дослідити шляхи оптимізації роботи шахтних ВГП за рахунок врахування їх взаємовпливу і комплексування роботи ВГП на шахтну вентиляційну мережу.

Аналіз існуючих шляхів вирішення проблеми

Виходячи з існуючого стану використання ВГП на шахтах, можна зробити висновок, що найважливішим критерієм оптимізації їх спільної роботи є енергоефективність. З самого визначення витікає його суть: забезпечення максимальної ефективності при мінімальних енергетичних витратах, тобто здешевлюванні провітрювання.

Витрати електроенергії на роботу вентиляційного агрегату протягом року залежать від потрібного режиму (тиск, продуктивність) і к.к.д. ВГП, з урахуванням його фактичного експлуатаційного к.к.д., к.к.д. електроприводу і к.к.д. каналів, внаслідок втрат у яких тиску і продуктивності (витоки, притоки).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по вентиляційній установці з тим чи іншим ВГП (типу *i*) повинні визначатися як [3]

$$A_{ijt} = \frac{Q_{ijt} \cdot P_{ijt}}{102 \cdot \eta_{ij}^{ВГП} \cdot \eta_{ij}^{ЕП} \cdot \eta^{кан}} \cdot T_{it} \cdot S \cdot Z_{it},$$

де Q_{ijt} – продуктивність (подача повітря) ВГП *i* у режимі *j* і році *t*, м³/с;

P_{ijt} – статичний тиск ВГП *i* режимі *j* і році *t*, даПа;

i – тип ВГП, який розглядається;

j – режим, який розглядається (тиск і продуктивність ВГП);

$\eta_{ij}^{ВГП}$ – експлуатаційний к.к.д. ВГП *i* у режимі *j*, що розглядається;

$\eta_{ij}^{ЕП}$ – к.к.д. електроприводу ВГП;

$\eta^{кан}$ – к.к.д. каналів вентиляторної установки;

T_{it} – число годин роботи ВГП за рік в даному режимі;

S – вартість однієї кВт×год електроенергії у даному енергорайоні, грн/кВт×год;

Z_{it} – витрати на обслуговування та ремонт вентиляторної установки з машинами типу *i* за рік *t*, у т. ч. вартість запчастин, збитки від відмов ВГП та ін.

Легко бачити, що не всі складові A_{ijt} однаковою мірою впливають на енергоефективність функціонування системи «ВГП - ШВМ». Q_{ijt} та P_{ijt} відіграють, звичайно, головну роль у цьому, вони впливають на $\eta_{ij}^{ВГП}$; $\eta_{ij}^{ЕП}$ не має відношення до взаємовпливу ВГП та ШВС; збільшення $\eta^{кан}$ досягається не вентиляційними засобами; S є результатним параметром – саме її ми й оптимізуємо; Z_{it} не залежить від режиму роботи ВГП. Отже, увагу слід звертати насамперед на оптимізацію Q_{ijt} та P_{ijt} та взаємовплив ВГП та ШВМ у складі єдиної системи «ВГП - ШВМ».

Досягти мети підвищення енергоефективності системи «ВГП - ШВМ» можна декількома шляхами; по всіх є певні напрацювання.

Першим є шлях створення нових типів ВГП і закладення їх до проектів вентиляції шахт. ВГП нових типів постійно створюються і вдосконалюються головною організацією у галузі вентиляторобудування – НДІГМ ім. М.М. Федорова [5]. Це, мабуть, найперспективніший шлях, тому що його здійснення дасть можливість вже на етапі проектування знайти ефективні рішення щодо створення енергозберігаючої технології провітрювання. Адже на етапі проектування заздалегідь враховується комплексування майбутньої системи «ВГП - ШВМ», тобто ВГП проектується з метою роботи на ШВМ, яка теж проектується. Виключається найскладніший етап комплексування підсистем ВГП і ШВС – адаптація перших до другої. Якщо проведені розрахунки вірні – отримане рішення буде оптимальним. Але лише деякий час. Проект вентиляції за об'єктивними причинами ніколи не виконується точно, і реальна ШВС не відповідає проектному аналогу; ВГП, відповідність якого проектним вимогам забезпечити легше, перестає відповідати вимогам комплексування із зміненою ШВС, і потрібна адаптація.

Адаптація підсистем ВГП і ШВМ може проводитись двома шляхами. Перший, простіший, полягає у змінні реальних робочих характеристик ВГП. Якщо ці зміни можливі у межах зон промислового використання – розв'язання задачі можна

вважати отриманим. Якщо ні – потрібно ставити питання щодо заміни ВГП більш придатним аналогом, оскільки річ іде не про енергозбереження, а про реальну неможливість організації безпечного провітрювання. Цей процес можна спостерігати у ДПЕК (див. табл. 1). На багатьох шахтах працюють нові, більш потужні і продуктивні ВГП серій ВЦ, ВЦД та ВРЦД (у тому числі найбільш розповсюджені ВРЦД-4,5 – чотири, та ВЦД-31,5 – сім).

Цей шлях не є однозначно прийнятним. Нові типи ВГП, хоча і мають переваги перед тими, що існували раніше, можуть бути як непридатними для встановлення на діючих шахтах, так і надто дорогими. Отримання перспективних економічних вигід може бути меншим, ніж нинішні витрати на модернізацію ВГП.

Звичайно, якщо іншого шляху немає – треба йти на оновлення вентиляторного фонду, якщо є обґрунтування перспективності її вугледобутку і можливості використання резервів нового ВГП протягом досить великого часу. Як відмічають автори [6], за статистикою необхідна продуктивність ВГП середньої шахти повинна зростати на 0,9 % за квартал. Тобто резерв вибраного ВГП, якщо він складає 10%, буде вичерпано менш ніж за три роки, і недостатня гідравлічна потужність вентиляторної установки буде стримувати розвиток гірничих робіт. Тому у реальних умовах все ж більш доцільною є адаптація працюючого на шахті ВГП до нових умов провітрювання.

Тут теж є кілька можливих рішень. Адже покращення результатів роботи ВГП не обмежується лише зміною його робочої характеристики. Як справедливо відмічають автори [5], для об'єктивної оцінки енергоспоживання ВГП і прийняття рішень з метою підвищення його енергоефективності необхідно враховувати к.к.д. ВГП $\eta_{ij}^{ВГП}$ під час його роботи на ШВМ (адже він значно відрізняється від номінального значення і суттєво залежить від зміни характеристик ШВМ) і к.к.д. регулюємого електроприводу $\eta_{ij}^{ЕП}$, якщо в умовах експлуатації шахти є можливість регулювання аеродинамічних параметрів (подачі і тиску) ВГП.

Одним із ефективних способів покращення роботи ВГП, а значить – і підвищення енергоефективності провітрювання, є зниження зовнішніх підсосів у каналах ВГП і поверхневих спорудах (надшахтних будівлях, скіповому чи вентиляційному стовбурах, а також через нещільності ляд переключення резервного ВГП), тобто підвищення $\eta^{кан}$.

Однак всі запропоновані шляхи вирішення проблеми підвищення енергоефективності провітрювання передбачають лише технічні рішення. В той же час не в достатній мірі використовується ще один суттєвий чинник – підвищення ефективності провітрювання за рахунок регулювання відносин всередині системи «ВГП - ШВС»

Аналітичний метод підвищення енергоефективності провітрювання. Вибраний режим роботи ВГП може використуватись в системі «ВГП - ШВС» за умови деяких змін аеродинамічного стану мережі. Інакше мовлячи, деякі зміни аеродинамічних параметрів гілок ШВМ викликають перерозподіл повітря між ділянками ШВМ, не змінюючи рівня безпеки проведення робіт (швидкості повітря і концентрація шкідливих домішок у шахтному повітрі знаходяться у регламентованих [4] межах). Цей чинник можна використовувати з метою підвищення енергоефективності провітрювання. Саме, дещо знижуючи подачу повітря ВГП і перерозподіляючи повітря між ділянками ШВМ засобами місцевого регулювання, можливо, не порушуючи вимог безпеки, дещо оптимізувати провітрювання шахти. Звичайно, якщо дозволять надлишкові резерви повітря, яке подається до шахти в цілому. Як показують дослідження, у багатьох випадках такі резерви наявні.

Вчиняючи такі дії, можливо досягти зміни депресії ВГП, а значить – і витрат електроенергії на провітрювання. Треба лише чітко уявляти, які саме маневри і яким саме ВГП призведуть до отримання позитивного результату. Допоможуть у цьому існуючі у кожній ШВМ зони впливу окремих ВГП і зони керованості ШВМ [2].

Іншим фактором зниження ефективності провітрювання є взаємовплив ВГП у багатовентиляторній системі на вихідному струмені повітря. Відомо, що зони впливу ВГП на ділянки ШВМ не відокремлені; існують пересічні ділянки, у межах яких відчувається взаємовплив і взаємодія ВГП: вони працюють «на розрив» вентиляційного струменя, витрачаючи на це частину корисного напору. Якщо задача визначення зон впливу окремих ВГП досить нескладна [2], то визначення зон їх взаємовпливу вимагає врахування ряду різнопланових факторів, що не завжди ефективно формалізуються, заважаючи виробленню і застосуванню критерію оцінки взаємовпливу ВГП і отриманню рекомендацій щодо його зниження, більш корисного використання напору ВГП, а значить – зниженню енерговитрат на провітрювання. Підхід є перспективним, про що свідчать спроби розробки і використання такого критерію [1].

Висновки

1. Питання підвищення енергоефективності провітрювання вугільних шахт є комплексним, вирішення якого якимось одним методом неможливе, оскільки передбачає як застосування технічних рішень, так і проведення розрахунків взаємодії елементів системи «ВГП - ШВС».

2. Запорукою ефективності провітрювання є відповідність характеристик ВГП, які застосовуються на шахті, її реальному стану. Оскільки останній відрізняється від запроектованого – необхідно оцінити ступінь відхилень, і скоригувати систему провітрю-

вання за умови виконання вимог [] і, якщо можливо, підвищення енергоефективності роботи ВГП.

3. Якщо дії, спрямовані на покращення провітрювання існуючими ВГП, не відповідають вимогам безпеки чи можливостям роботи ВГП у зоні промислового використання – необхідна обґрунтована заміна ВГП, яка, звісно, якимось чином вирішить проблему підвищення енергоефективності.

4. Якщо, за умови використання наявних резервів ВГП і непорушення вимог безпеки, запровадження енергоефективних мір неможливе – необхідно використовувати допоміжні засоби, одним з яких є зниження зовнішніх підсосів у каналах ВГП

і надшахтних спорудах; цим буде досягнутий перерозподіл депресії ВГП на користь більш ефективного її використання на потреби власне ШВС.

5. Підвищення енергоефективності провітрювання може бути здійснене шляхом зниження взаємовпливу ВГП у ШВМ і шкідливих втрат напорі одного ВГП на подолання негативної дії інших. Для цього необхідно розробити критерій оцінки взаємовпливу ВГП на основі топологічних і аеродинамічних особливостей реальної ШВМ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анализ взаимного влияния вентиляторов главного проветривания вентиляционной системы угольной шахты / Т.В. Бунько, И.Е. Коккоулин, М.Н. Дудник, А.Ш. Жалилов // Znanstvena misel Journal. – 2017. - № 5. – Vol. 2. – pp. 65-71.
2. Бунько, Т.В. Определение областей управляемости шахтных вентиляционных систем с неопределенной структурой и аэродинамическими параметрами / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 69. – С. 275-284.
3. Голинько, В.И. Вентиляция шахт и рудников: учебное пособие / В.И. Голинько, Я.Я. Лебедев, О.А. Муха. – Днепропетровск: НГУ, 2012. – 266 с.
4. НПАОП 10.0-1.01-10 Правила безпеки у вугільних шахтах: затв. Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 № 62. – Київ: 2010 – 2154. – 211с. (Нормативний документ Мінвуглепрому).
5. Основные направления повышения энергоэффективности шахтных вентиляторных установок главного проветривания / В.В. Грядущая, В.А. Стешенко, А.В. Бугаев, Я.К. Шевченко // Уголь Украины. – 2014. – № 8. – С. 42-46.
6. Петров, Н.Н. Адаптация аэродинамических характеристик главных вентиляторов к изменениям вентиляционных режимов шахт / Н.Н. Петров, Н.В. Панова, Е.Ю. Грехнева // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 5. – С. 119-126.

REFERENCES

1. Bunko T.V., Kokoulin I.Ye., Dudnik M.N. and Zhalilov A.Sh. *Analiz vzaimnogo vliianiia ventilatorov glavnogo provetrivaniia ventilatsionnoy sistemy ugolnoy shakhty* [Analysis of the mutual influencing of main fans of the ventilation system of coal mine]. Znanstvena misel Journal. Lyublyana, 2017, no. 5, Vol. 2, pp 65-71. (in Russian).
2. Bunko T.V. *Opredeleniye oblastey upravliaiemosti shakhtnykh ventilyatsionnykh sistem s neopredelennoy strukturoy i ayerodinamicheskimi parametrami* [Determination of regions of dirigibility of the mine ventilation systems with an indefinite structure and aerodynamic parameters]. *Geotekhnicheskaiia mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. IGTM NAS of Ukraine. Dnepropetrovsk, 2005, no. 69, pp. 275-284. (in Russian).
3. Golinko V.I., Lebedev Ja.Ja. and Mukha O.A. *Ventiliatsiia shakht i rudnikov: uchebnoye posobiye* [Ventilation of mines and mines: train aid]. Dnepropetrovsk: NSU, 2012, 266 p. (in Russian).
4. *NPAOP 10.0-1.01-10 Pravyla bezpeky u vuhilnykh shakhtakh: zatverdzheno Nakazom Derzhavnogo komitetu Ukrainy z promyslovoi bezpeky, okhorony pratsi ta ghirnychogo nagliadu 22.03.2010 № 62* [NRALP 1.01-10 Rules of safety at coal mines: ratified by Order of State Committee of Ukraine by the industrial safety, protection of labour and mining inspectorate 22.03.2010 № 62]. Kyiv: 2010. (in Ukrainian).
5. Griadushchaia V.V., Steshenko V.A., Bugayev A.V. and Shevchenko Ja.K. *Osnovnyye napravleniia povysheniia energoyeffektivnosti shakhtnykh ventilatornykh ustanovok glavnogo provetrivaniia* [Basic increase directions of energy-effectiveness of mine fans]. *Ugol Ukrainy* [Coal of Ukraine], 2014, no 8, pp 42-46. (in Russian).
6. Petrov N.N., Panova N.V. and Grekhneva Je.Yu. *Adaptatsiia ayerodinamicheskikh kharakteristik glavnykh ventilatorov k izmeneniiam ventilatsionnykh rezhimov shakht* [Adaptation of aerodynamic descriptions of main fans to the changes of the ventilation modes of mines]. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh* [Physics and Technical problems of Mineral Mining]. 2013, no 5, pp 119-126. (in Russian).